

Title	新しい深紫外レーザー開発
Author(s)	海老澤, 栄吾
Citation	令和元（2019）年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書
Issue Date	2020-06
oaire:version	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/75992
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

2019年度大阪大学未来基金【住野勇財団】学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏	えびさわえいご 海老澤栄吾	学部 学科	工学部 環境・エ ネルギー工学科	学年	1 年
ふりがな 共 同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	猿倉信彦	所属	レーザー科学研究所		
研究課題名	新しい深紫外レーザー開発				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。（先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。）				

1.研究目的

本研究の目的は紫外レーザーの開発を目指し、候補となるレーザー媒質の評価を行い、レーザー材料としての可能性を示すものである。

2.研究方法

当初の計画では、ネオジウム系のガラスの紫外レーザー媒質としての性能評価を実施する予定であったが、サンプル作成の難度、時間の制約を加味し、指導教員と相談した結果、新しい物質である複合アニオン系材料を対象としてレーザー媒質としての評価を実施することになった。複合アニオン系材料は超電導材料として注目されている。[1] 層状構造を持つことにより、量子閉じ込め効果が生じ、強い励起子発光を持つ。この層状構造を適切に設計することで、バンドギャップ、発光波長をコントロールできる新しい材料である。この性質に注目し、今回の測定対象とすることを決めた。数多くの組成があるが、今回は $(\text{Sr}_2\text{ZnO}_2)(\text{Cu}_2\text{S}_2)$ 、 $(\text{Sr}_2\text{ZnO}_2)(\text{Cu}_2\text{Se}_2)$ 、 $(\text{Ba}_3\text{Sc}_2\text{O}_5)(\text{Cu}_2\text{S}_2)$ 、 $(\text{Ba}_3\text{Y}_2\text{O}_5)(\text{Cu}_2\text{Se}_2)$ 、 $(\text{Ba}_3\text{Sc}_2\text{Ag}_2)(\text{Se}_2\text{O}_5)$ [2]を選んだ。共同研究先である産業技術総合研究所にて、以下の条件で物質の合成を行なった。

生成物	反応物	焼成温度(°C)	時間(h)	圧力
$(\text{Sr}_2\text{ZnO}_2)(\text{Cu}_2\text{S}_2)$	SrO, Zn, Cu, S	900	24	真空
$(\text{Sr}_2\text{ZnO}_2)(\text{Cu}_2\text{Se}_2)$	SrO, Zn, Cu, Se	900	24	真空
$(\text{Ba}_3\text{Sc}_2\text{O}_5)(\text{Cu}_2\text{S}_2)$	Ba, BaO, Sc_2O_3 , Cu, S	700	12	真空
$(\text{Ba}_3\text{Y}_2\text{O}_5)(\text{Cu}_2\text{Se}_2)$	Ba, BaO, Y_2O_3 , Cu, Se	700	12	真空
$(\text{Sr}_3\text{Sc}_2\text{Cu}_2)(\text{Se}_2\text{O}_5)$	SrO, Sc_2O_3 , Cu, Se	900	24	真空

作成したこれらの試料をXRDでの分析、発光スペクトル、低温での発光寿命の測定をレーザー科学研究所にて実施した。発光スペクトル・発光寿命の測定には、波長 290nm のフェムト秒レーザーを励起光源に、分光器及びストリークカメラを検出器として用いた。

3.研究経過

1.XRD による測定の結果、 $(\text{Sr}_2\text{ZnO}_2)(\text{Cu}_2\text{S}_2)$ 、 $(\text{Ba}_3\text{Sc}_2\text{O}_5)(\text{Cu}_2\text{S}_2)$ 、 $(\text{Sr}_3\text{Sc}_2\text{Cu}_2)(\text{Se}_2\text{O}_5)$ は合成に成功し、 $(\text{Sr}_2\text{ZnO}_2)(\text{Cu}_2\text{Se}_2)$ 、 $(\text{Ba}_3\text{Y}_2\text{O}_5)(\text{Cu}_2\text{Se}_2)$ は合成に失敗したことが分かった。 $(\text{Sr}_2\text{ZnO}_2)(\text{Cu}_2\text{Se}_2)$ は 700°Cで焼成し直したところ合成に成功した。

3-i) PL-PLE 発光と発光励起スペクトルの測定

図1に $(\text{Sr}_2\text{ZnO}_2)(\text{Cu}_2\text{S}_2)$ の発光励起スペクトルを示す。450~600nm に発光が見られた。しかし、予想していた励起子発光(波長 300~450 nm)の波長とは大きなずれがあり、発光がブロードなことから、欠陥準位もしくは不純物による発光の可能性が高い。合成時に封管に失敗していたため、完全な真空ではなかったことが原因として考えられる。

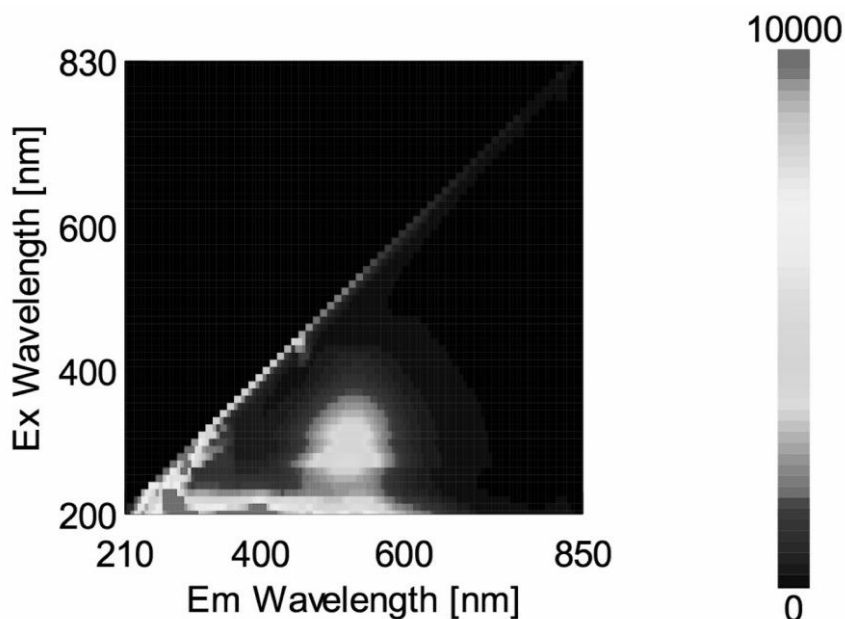


図 1 $(\text{Sr}_2\text{ZnO}_2)(\text{Cu}_2\text{S}_2)$ の発光・励起スペクトル

$(\text{Sr}_3\text{Sc}_2\text{Cu}_2)(\text{Se}_2\text{O}_5)$ に関しても、発光を観測した。低温での発光測定を実施したため、より詳細な結果を後述する。その他の試料に関しては、残念ながら発光を観測することができなかった。おそらく間接遷移型のバンド構造を持っているためであると推測している。

3.-ii) $(\text{Sr}_3\text{Sc}_2\text{Cu}_2)(\text{Se}_2\text{O}_5)$ の低温での発光測定

$(\text{Sr}_3\text{Sc}_2\text{Cu}_2)(\text{Se}_2\text{O}_5)$ の発光スペクトルの温度依存性を図2に示す。波長 405 nm (3.06 eV) に発光を観測した。低温になるにつれて、発光強度が増加していることがわかる。励起子は低温で安定になるため、低温で発光強度が増加する。また、ストリークカメラで測定した発光寿命は 20~30 ps であった。励起子発光は 1 ns 以下の高速の発光現象である。つまり本研究で狙った直接遷移型の層状構造を作成し、発光を観測することに成功した。

(a) $\text{Sr}_2\text{ScCuSeO}_3$

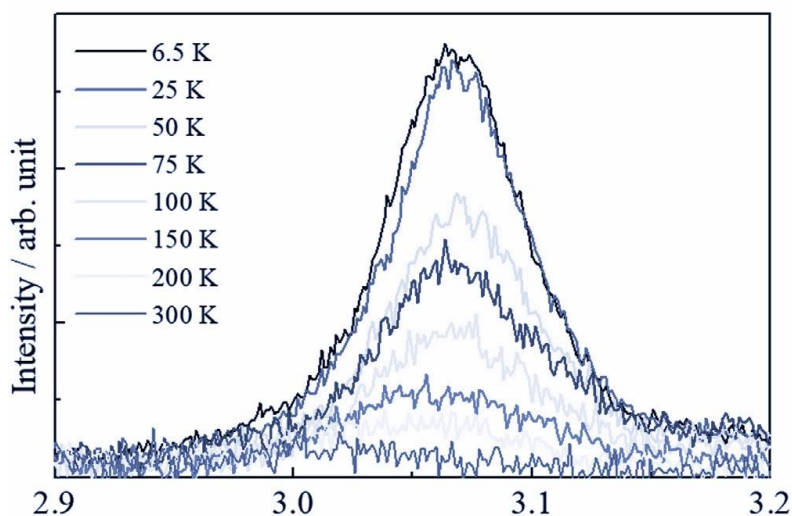


図 2 $(\text{Sr}_3\text{Sc}_2\text{Cu}_2)(\text{Se}_2\text{O}_5)$ の発光スペクトルの温度依存性

4.研究成果

本研究では、新物質を含めて複数の複合アニオン材料の合成に成功した。また、 $(\text{Sr}_3\text{Sc}_2\text{Cu}_2)(\text{Se}_2\text{O}_5)$ からは強い発光を観測し、レーザー媒質、発光素子としての応用が期待される。一方で、発光は近紫外域から可視域であったため、目標とする紫外線レーザーの開発には、より詳細な物質設計を基にした物質探査が求められる。さらに、現状では多結晶体であるため、単結晶化を図る必要がある。

[1] Ogino et, ol., Appl. Phy. Let. **101** (2012) 191901

[2] Iwasa et, al., Optical Materials **84** (2018) 205–208